




論文審査の結果の要旨

報告番号	博(工)甲第 44 号	氏 名	呉 学震
学 位 審 査 委 員	主査 蔣 宇静 副査 才本明秀 副査 奥松俊博	  	
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>呉 学震氏は、2014年10月に長崎大学大学院工学研究科博士後期課程に進学し、現在に至っている。同氏は、工学研究科博士後期課程に進学以降、当該課程の所定の単位を修得するとともに、軟岩トンネルの変形メカニズムとロックボルトの作用効果、覆工コンクリートの健全度評価に関する研究を行い、その成果を2017年5月に主論文「Comprehensive research on the deformation mechanics, support design and health assessment of mountain tunnel in soft rock（軟岩トンネルの変形メカニズムと支保設計，健全度評価に関する総合的研究）」として完成させ、参考論文として、学位論文の印刷公表論文7編（うち審査付き論文7編），印刷公表予定論文5編（うち審査付き論文5編），学位論文の基礎となる論文3編（うち審査付き論文3編）を付して，博士（工学）の学位を申請した。長崎大学大学院工学研究科教授会は，2017年7月12日の工学研究科教授会において論文内容等を検討し，本論文を受理して差し支えないものと認め，上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し，公開論文発表会を実施するとともに，最終試験を行い，論文審査および最終試験の結果を2017年8月23日の工学研究科教授会に報告した。</p> <p>本論文は，軟岩地山におけるトンネルを対象に，理論モデル設計と数値解析手法を用いて，トンネルの変形メカニズムを解明するとともに，ロックボルトの作用効果に基づく新型ロックボルトの提案および振動特性計測に基づく覆工コンクリートの健全度診断を検討したものである。</p> <p>日本国土の約3割は第三紀層の軟岩で覆われており，軟岩のピーク強度後のひずみ軟化挙動を表すために，拘束圧の影響を考慮した変形軟化モデルを提案した。提案モデルでは，拘束圧と負の指数関係を有する残留強度を定義し，応力-ひずみ関係曲線上のピーク後の残留強度とヤング率のひずみ依存性を定量化するとともに，円形断面トンネルの周辺地山の応力と変形の分布を解析した。提案モデルを建設中の長崎新幹線ルート俵坂トンネルにも適用したが，周辺地山に傾斜した節理を</p>			

有するトンネル内空変位の異方性が確かめられ、既往の数値解析モデルよりも、トンネル全体の変形挙動をより正確に評価することができた。

一方、深部トンネルの安定性を確保するためにロックボルトがよく用いられているが、典型的なロックボルトの場合は限界変位が小さいため、引張強度を超えたら破断し、支持力を失ってしまう。本研究では、軟岩トンネルの周辺地山の大変形に応じえる新しいロックボルトを開発し、せん断試験によってその性能を確認した。特に節理などの不連続面を有する地山に適用する場合、不連続面に沿ったせん断ずれに対する効果があり明らかにされていないため、本研究では、一面せん断試験装置を活用して、様々な表面凹凸を有する不連続面に対するロックボルトの付着せん断強度と変位抑制効果を詳細に調べ、開発したロックボルトの優位性を確かめた。

最後に、老朽化トンネルの健全度評価を支援するために、覆工コンクリートの表面に生じるひび割れの定量的評価手法について検討を行った。用いた手法はフラクタル次元解析であるが、ひび割れの面的分布だけでなく、交差やひび割れの開口なども考慮できるので、既往のひび割れ分析手法よりも忠実に評価できる特徴がある。長崎自動車道日岳トンネルに適用した結果、通常に用いられているTCI (Tunnel-lining Crack Index) 指標より、高い評価精度を有することが確かめられた。さらに、覆工コンクリートのひび割れと覆工コンクリートの健全度との関係を明らかにするために、現地において振動特性の計測も実施し、ひび割れの分布密度と覆工コンクリートの振動特性（例えば、フーリエスペクトル）との相関関係を考察した。その結果、両者には必ずしも良い相関を持たず、つまり目視点検だけでは判断できない情報（例えば、背面空洞や覆工コンクリートと地山との付着状況など）を加えないと、トンネルの健全度を正しく評価できないことを指摘し、トンネル維持管理における振動特性計測の重要性を述べた。

以上のように本論文は、軟岩地山におけるトンネルの変形メカニズムの解明と維持管理技術に関して、新規性と独創性があり、高い学術的価値を有するものと評価できる。

学位審査委員会は、呉 学震氏の研究が今後トンネルの建設と維持管理において極めて有益な成果を得るとともに、トンネル工学分野の進歩発展に貢献するところが大であり、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。